

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ

В.А. Дружинин, В.А. Вигуль

Предлагается подход к проектированию компьютерных сетей, основанный на максимизации функции полезности системы при различных видах ограничений. Полезность рассматривается как интегральная оценка удовлетворенности всех пользователей сети необходимыми им сервисами.

Компьютерная сеть (КС) представляет собой совокупность различных вычислительных комплексов различного типа и назначения, взаимодействующих друг с другом через сеть передачи данных. Общеизвестно деление сетей на локальные и глобальные. Это деление, кроме всего прочего, подразумевает и вполне определенный уровень детализации при рассмотрении сетей каждого типа как систем. С одной стороны, рассмотрение на «глобальном» уровне позволяет игнорировать процессы, происходящие в локальных сетях, соединенных в глобальную сеть, считая их точечными узлами, обладающими какими-то характеристиками. С другой стороны, на рассмотрение на «локальном» минимальное влияние оказывают параметры соединения рассматриваемой системы с глобальной сетью. Разделению уровней детализации способствует и использование для реализации локальных и глобальных сетей технических решений, существенно различающихся по надежности, быстродействию, пропускной способности и др. характеристикам.

Однако существует класс сетей, для эффективного проектирования и эксплуатации которых, необходимо учитывать процессы, происходящие на разных уровнях сетевых взаимодействий. Это, так называемые, территориальные компьютерные сети (ТКС).

Термин «территориальные» подразумевает, что входящие в сеть комплексы рассредоточены на некоторой, более или менее обширной, территории. При этом рядом расположенные комплексы могут быть соединены в локальные сети, а эти сети и изолированные комплексы, в свою очередь, соединены в единую структуру. Примерами таких сетей могут служить сети города, района, региона, предоставляющие всем пользователям, находящимся на данной территории, услуги по хранению, передаче и обработке информации, а также обеспечивающие им доступ к информационным и вычислительным ресурсам. Особенностью исследования и проектирования таких сетей является то обстоятельство, что нельзя пренебречь как особенностями взаимодействия удаленных частей сети, так и эффективностью внутри этих частей.

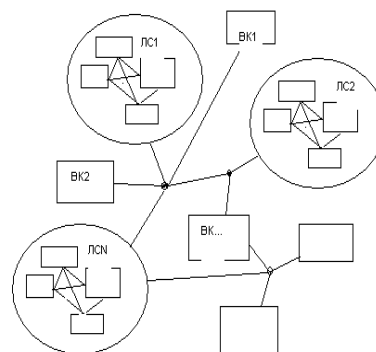


Рисунок 1 – Типичная структура территориальной компьютерной сети

В области распределенной обработки и передачи данных используют понятия логической структуры сети и логической структуры взаимосвязи данных. Эти сетевые логические структуры реализуются посредством функционирования различных служб взаимодействующих на сети некоторой физической структуры.

При формировании ТКС приходится решать проблемы связанные с проектированием как логической, так и физической структуры сети. И хотя существующие технологии и сетевые протоколы позволяют предоставить иллюзию полносвязной сети, когда каждый пользователь может быть связан с каждым сервисом, но при эксплуатации такой структуры мы неизбежно натолкнемся на ограничения по ресурсам как на уровне комплексов, предоставляющих сервисы, так и на уровне сети передачи данных.

В настоящее время структуры большинства ТКС складывается стихийно на основе существующих линий связи, и мест размещения сервисов, потребителей и узлов коммутации. Однако возрастание объемов услуг, предоставляемых посредством ТКС, расширение круга ее пользователей вызывает потребность в постоянной модернизации. А этот процесс может быть весьма сложным для сети со стихийно сложившейся структурой.

В связи с этим становится актуальной проблема проектирования ТКС оптимальной в некотором смысле (в том числе и в смысле пригодности для развития). В качестве цели может выступать максимизация некоторого критерия «полезности» в условиях ограничений на затраты. Или минимизация затрат в условиях обеспечения «полезности» не ниже заданной. В качестве дополнительных ограничений в обоих случаях могут выступать уже существующие связи проектируемой сети с внешними сетями (глобальной сетью), а также необходимость включения в проектируемую сеть уже сложившихся фрагментов, ЛКС и т.п.

Для решения этой задачи необходимо формально описать как затраты на построение и эксплуатацию сети, так и структуру самой сети, а также влияние этих данных на функцию полезности проектируемой ТКС.

Если рассмотреть задачу удовлетворения потребностей пользователей в ресурсах, которые находятся как в пределах этой сети, то исходными данными для проектирования будут:

множество ресурсов: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_N\}$;

множество пользователей:

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_M\};$$

матрица потребностей пользователей в ресурсах за некоторый период времени:

$$Q = \|q_{ij}\|; i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M}.$$

Сеть можно представить нагруженным ориентированным графом $G = \langle V, E \rangle$.

Множество вершин этого графа $V = R \cup P \cup S$, где $S = \{s_1, s_2, \dots, s_L\}$ –

множество промежуточных (технологических) узлов сети. Множество дуг этого графа $E = \{e_1, e_2, \dots, e_K\}$ описывает ли-

нии связи между узлами сети. Каждая дуга характеризуется пропускной способностью f и стоимостью реализации (эксплуатации) h .

Вершины графа характеризуются своими возможностями по переработке входной/выходной информации u и стоимостью v . Задать конкретную реализацию можно двумя векторами характеристик узлов сети $(u_i, i = \overline{1, N})$ и

$(v_i, i = \overline{1, N})$ совместно с двумя матрица-

ми $H = \|h_{ij}\|$ и $F = \|f_{ij}\|$, $i, j = \overline{1, N}$. Где

h_{ij} – стоимость эксплуатации линии от i -го до j -го узла, а f_{ij} – ее пропускная способность.

Для дальнейшего анализа конкретных реализации сети следует получить матрицу стоимостей доставки единицы каждого ресурса до каждого пользователя (зависит от реализации сети): $C = \|c_{ij}\|; i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M}$.

Однако значения элементов матрицы стоимостей c_{ij} зависят не только от структуры графа G (возможных маршрутов от i -го до j -го узла и стоимости эксплуатации всех линий связи, входящих в эти маршруты), но и от пропускной способности и загрузки этих маршрутов. Следовательно, их значения можно получить, только задавшись какими-то априорными, или полученными в ходе мониторинга уже существующих сетей, предположениями о распределении нагрузки на ресурсы во времени, о технических характеристиках предполагаемого к использованию оборудования.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ

Для оценки полезности проектируемой системы с точки зрения ее пользователей можно, например, ввести в рассмотрение матрицу $U = \|u_{ij}\|; i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M}, 0 \leq u_{ij} \leq 1$

, где u_{ij} есть степень удовлетворенности j -го пользователя предоставляемым ему доступом к i -му ресурсу. Вопрос получения значений элементов матрицы U пока оставим открытым. Заметим лишь, что они зависят от реализации сети: структуры графа G , матриц H и F .

Тогда удовлетворенность l -го пользователя функционированием системы за некоторый период можно задать как $z_l = \prod_{i=1}^N u_{il} q_{il}$. А

полезность системы в целом как $Z = \prod_{k=1}^M z_k$.

Получение количественной оценки полезности на стадии проектирования является нетривиальной задачей. Примером же качественной оценки может служить следующая ситуация.

Предположим, что мы имеем 5 пользователей $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$ и 2 ресурса $R = \{r_1, r_2\}$, матрица потребностей имеет следующий вид:

$$Q = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{ж1} & 1 & 1 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 3 \\ \text{и} \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{matrix} \end{matrix} \begin{matrix} \text{ц} \\ \text{ч} \\ \text{ш} \end{matrix}, \quad \text{т.е.} \quad \text{первым}$$

трем пользователям необходим доступ только к первому ресурсу, а оставшимся двум – только ко второму.

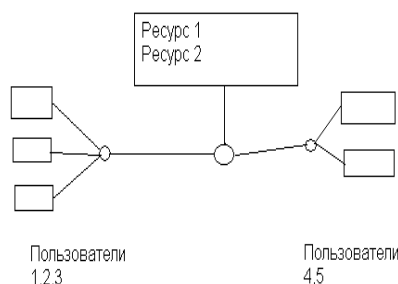


Рисунок 2 – Вариант 1 структуры сети

Если рассмотреть структуру сети, показанную на рис. 2, то, при ограниченной пропускной способности участка сети от общего места расположения 1-го и 2-го ресурсов до ближайшего узла, все пользователи будут иметь низкую скорость доступа к ресурсам.

Что снизит оценку полезности системы для них, равно как и интегральную оценку полезности.

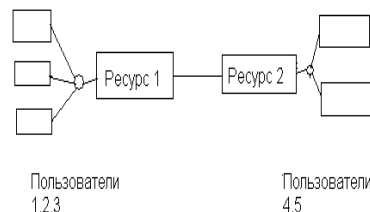


Рисунок 3 – Вариант 2 структуры сети

Если же рассмотреть сеть со структурой, показанной на рис. 3, где ресурсы приближены к пользователям, у которых он востребованы, то при тех же характеристиках сетевого оборудования доступность ресурсов будет выше и, соответственно, полезность сети более высокой.

Поскольку стоимость реализации проектируемой ТКС вполне очевидным образом сложится из стоимости проектирования, используемого оборудования и программного обеспечения, а также работ:

$$S = S_{\text{пр}} + S_{\text{об}} + S_{\text{по}} + S_{\text{рб}},$$

то оказывается возможным сформулировать задачу оптимизации в одном из двух, указанных выше, вариантов.

Заметим, что при заданных P , R и Q теоретически возможно построить ТКС, имеющую «абсолютную», далее неуправляемую, полезность. Поэтому можно сформулировать задачу проектирования ТКС полностью удовлетворяющую известные на данный момент (или спрогнозированные) потребности пользователей в ресурсах и оптимальную с точки зрения возможностей модернизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. – М: Мир, 1971.
2. Иванова Т.И. Корпоративные сети связи. – М: Эко Трендз, 2001.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб: Питер, 2001.
4. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. – Томск: Изд-во НТЛ, 1997.